



Thomas Cottis og Svein Ø. Solberg

Biokull og effekt på avling

Veiledende feltforsøk

Skriftserien 18 - 2020



VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

© Forfatteren/Høgskolen i Innlandet, 2020

Det må ikke kopieres fra publikasjonen i strid med Åndsverkloven

eller i strid med avtaler om kopiering inngått med Kopinor.

Forfatteren er selv ansvarlig for sine konklusjoner. Innholdet gir derfor ikke nødvendigvis uttrykk for høgskolens syn.

I Høgskolen i Innlandets skriftserie publiseres både internt og eksternt finansierte FoU-arbeider.

Skriftserien nr. 18 - 2020

ISBN digital utgave: 978-82-8380-233-7

ISSN: 2535-5678

Sammendrag

Etter initiativ fra daglig leder Ove Lerdahl i selskapet Standard Bio utførte Høyskolen i Innlandet – Institutt for jordbruksfag, to orienterende forsøk sommeren 2020. Feltplanene for lavkost orienterende forsøk ble laget i samarbeid med selskapet, og de skaffet tilveie det meste av det vi skulle bruke av gjødselstoffer. Det ble et felt i eng og et felt i bygg, begge på Blæstad i Hamar kommune.

Basert på anbefalinger fra Standard Bio brukte vi meget små mengder biokull, og biokullet er blandet direkte inn i organisk gjødsel før spredning på forsøkefeltene. I engfeltet brukte vi fra 4,25 til 22,7 kg biokull pr dekar blandet inn i tørket hønemøkk eller i tørket hønemøkk og sand. I byggfeltet brukte vi fra 2 til 6,5 kg biokull pr dekar innblandet i urin. De forsøken som andre har gjort for avlingsregistrering av biokull har brukt betydelig større mengder – fra 0,8 til 9 tonn pr dekar og år, og biokullet er da blandet inn i jorda før gjødsling og såing.

På bakgrunn av forsøkene kom vi fram til følgende antakelser og problemstillinger for videre forskning på biokull.

- Biokull blandet i gjødsel kan ha en hemmende effekt på avling i det første året.
- Blanding av biokull, hønemøkk og sand gir ikke avlingsøkning i eng i det første engåret.
- Den store interessen for biokull som karbonbinder i jord bør følges opp med flerårige forsøk for hvordan biokull kan tilføres til jord og organisk gjødsel for at avling ikke skal bli negativt påvirket særlig i år 1.

Emneord: Biokull, avling, karbonbinding, korn, gras

Oppdragsgiver: Standard Bio

Abstract

At the initiative of the ceo Ove Lerdahl of the company Standard Bio, the College of Inland Norway – Department of Agricultural Studies, carried out two orienting experiments with biochar in the summer of 2020. The field plans for low-cost orienting experiments were made in cooperation with the company, and they provided most of what we were going to use of fertilizers. We had one experiment in gras and one in Barely, both of them at Blæstad in Hamar municipality.

Based on the recommendations from Standard Bio we used very small amounts of biochar, and the biochar was mixed directly into organic fertilizers before spreading on the experimental fields. In the gras expeeriment we used from 4,25 to 22,7 kg of biochar per decare mixed into dried hen manure or in dried hen manure and sand. In the barley experiment we used from 2 to 6,5 kg of biochar per decare mixed in urine. Experiments conducrted by others to measure the yield effect from biiochar have used significantly larger amounts – from 0,8 to 9 tons per decare and year, and the biocoal is then mixed into the soil before fertilizing and sowing.

On the basis of the experiments, we give the following assumptions and issues for further reseach on biochar:

- Biochar mixed in fertilizer can have an inhibitory effect on the crop yield in the first year.
- Mixing biocoal, hen's manure and sand does not cause crop growth in the first year of gras.
- The great interest in biochar as a carbon binder in soil should be followed up with trials over 3-4 years on how biochar can be added to soil and organic fertilizer without giving any negative affect on yields especially in year 1.

Keywords: Biochar, yield, carbon capture, cereals, grass

Financed by: Standard Bio

Forord

Fakultet for anvendt økologi, jordbruksfag og bioteknolgi har i løpet av de site årene etablert en forskergruppe innenfor bærekraftig matproduksjon og effektive klimaløsninger for jordbruket.

I mars 2020 tok Ove Lerdahl i Standard Bio fra Bø i Telemark kontakt med oss med utfordringen å gjøre feltforsøk med biokull i forskjellige organiske gjødselblandinger. Både biokull og organisk gjødsel er gode forforbedringsmidler. Fortsatt er det mye som er ukjent i forhold til effekt av slike tiltak på avlingen. I samarbeid med Lærke Sødergaard Stewart ved Standard Bio ble det så laget forsøksplaner tilpasset er lavt budsjett. Hensikten var å gjøre utprøvinger som så kan danne grunnlag for eventuelt videre FoU arbeid. Denne rapporten er derfor å betrakte som et pilotstudie for videre forskning. Datamaterialet er samlet inn fra to veiledende forsøk, et i eng og ett i bygg. En kort gjennomgang av tidligere forsøk, vårt forsøksopplegg med resultatene og tanker for veien videre blir presentert her.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag 3
Abstract 4
Forord 5
Innholdsfortegnelse 6
1. Innledning 7
2. Material og meteode 8
2.1 Forsøkopplegg i eng 8
2.2 Forsøkopplegget i bygg 10
3. Resultater 13
3.1 Resultater engforsøket 13
3.2 Resultater byggfeltet 15
4. Diskusjon 16
5. Konklusjon og veien videre 18
Litteraturliste 18

1. Innledning

Biokull er framstilt ved å la planterester som halm, kvist og øvrig organisk materiale utsettes for høy temperatur kombinert med liten oksygentilgang, en prosess kalt prolyse. Det må brukes spesielle ovner til å lage biokull gjennom pyrolyse. Biokull har fått økt fokus de siste årene, både som jordforbedringsmiddel og i forbindelse med karbonbinding i jord da biokull har vist seg å ha en meget langsom nedbryting i jord (Agegnehu et al. 2017; Nair et. Al. 2017). Globalt sett er det beregnet at biokull kan redusere CO_2 utsleppene med 1.8 gigatonn per år, noe som skulle tilsi en 12% reduksjon i verdens utslipp av veksthusgasser (Woolf et al 2010). Kanskje er dette vel optimistiske kalkyler. Likevel er det liten tvil om at biokull representerer et potensiale. Den positive effekten på jord kan kobles til biokullets effekt på jordas organiske mteriale og på vannlagringsevne men også på positive effekter på nytteorganismer i jord (Warnock et al., 2007; Novak et al., 2012; Lehmann og Joseph 2015). Biokull har videre vist seg å ha en kalkvirkning i form av økt pH i jorda og økt tilgjengelighet av basiske ioner som magnesium og kalsium (Van Zwieten et al., 2010). Enkelte studier viser også at biokull har evnen til å binde uheldige organiske forbindelser i jord (Oleszczuk et al., 2012), noe som er særlig relevant der jorda over tid har vært utsatt for forurensning, og at biokull kan hemme visse plantesykdommer i jord (Bonanomi et al., 2015).

For å fremme økt bruk av biokull er det likevel nødvendig å undersøke hvordan avlingen påvirkes. Det er allment kjent at tilførsel av karbonrikt materiale til jord kan føre til mindre innhold av plantetilgjengelig nitrogen i jorda. Forsøk har også vist at avlingseffekten av tilført biokull kan utebli og i enkelte tilfelle føre til veksthemming (Wisnubroto et al., 2010; Calderón et al., 2015; Knox et al., 2015). Videre viser litteraturen at effekten mye avhengir av de lokale forhold (Jeffery et al. 2011; Biederman og Harpole 2013). I nitrogen-fattig jord er tilførsel av organisk materiale med et høyt C/N forhold, som biokull, gitt avlingsnedgang (Bonanomi et al. 2017).

I Norge har O'Toole og Spindler (2012) utført forsøk for å undersøke effekt av tilført biokull på avling i korn. Forsøkene gikk i ett år og viste at mengder fra 800 til 2500 kg C i biokull pr dekar ikke ga klare vesentlige effekter på avlingsnivået samme år. På den andre siden er det rapporter som viser at avlingen øker med årene. Major et al. (2010) viste dette og gjennom et forsøk som pågikk over fire år i mais. Dette var i Colombia på en kraftig forvitra jord (oxisol) og med tilførte mengder på 800 og 2000 kg biokull pr dekar. Høyeste dose på 2000 kg biokull ga ingen avlingsøkning det første året, men det ga 28%, 30% og 140% avlingsøkning i år to, tre og fire. De konkluderte med at avlingsøkningen var et resultat av 77-320% mer plantetilgjengelig kalsium og magnesium der det var tilført 2000 kg biokull pr dekar. Et treårig prosjekt med biokull til mais og hvete i Kina ga ingen vesentlig effekt på avling selv om biokullmengdene var store: 3000, 6000 og 9000 kg biokull pr dekar hvert år (Liang 2014).

Som vi ser er biokull utvilsomt en interesant innsatsfaktor for jordbruket med mange gode langtidseffekter på jord og plantevekst. Effektene på kort sikt er derimot mer usikre og kan i visse tilfelle være negativ. Dette tyder særlig å være aktuelt ved lite plantetilgjengelig nitrogen i jorda eller ved lave nitrogengjødselnivå. Derfor kan det å kombinere tilførsel av biokull med tilførsel av nitrogenrikt gjødsel være aktuelt. I dette prosjektet ønsket vi derfor å undersøke effekten av ulike kombinasjoner av biokull, organisk gjødsel og mineralsk materiale som blandes før spredning.

2. Material og meteode

2.1 Forsøkopplegg i eng

Ett forsøksfelt ble i 2020 anlagt i en 8 år gammel eng med timotei og engsvingel og med noe kveke ugras. Enga hadde ikke innslag av kløver. Jorda i feltet er

Jorda i forsøksfeltet er en mineralholdig moldjord (>40% mold), med høy pH (7,7) høyt innhold av fosfor (Pal=12) og lavt innhold av kalium (Kal=6)

Vi ble enige om å ha tre mengdenivåer av følgende fire behandlinger:

- B+H+M: Blanding av Biokull, Hønsegjødsel og Mineralmateriale (sand). Denne blandingen fikk vi ferdig blandet fra selskapet Standard Bio (Bø i Telemark, Norge).
- Kullhøne: En blanding av pelletert hønsegjødsel og biokull som selges av Norsk Naturgjødsel (Voll, Norge) Kullhøna, NPK 4-1-2, tilsendt oss fra Standard Bio.
- Pelletert hønsegjødsel uten biokull, tilsendt fra Standard Bio, samme opphav som over.
- YaraMila Fullgjødsel 18-3-15 (Yara Norge), heretter omtalt som Kunstgjødsel 18-3-15.

Forsøksdesignet var et randomisert blokkdesign med tre gjentak av hver behandling (ledd). Leddene ble da som nedenfor. For blandingen biokull, hønemøkk og mineralmateriale (B+H+N) ble det brukt 3, 6 og 12 kg N pr dekar fra våren. De andre gjødseltypene ble vi enige om å tilføre i mengder som gir 6, 12 og 16 kg N pr dekar. Her er det oppgitt mengdene som ble brukt til gjødsling pr ledd tidlig vår. Etter førsteslåtten gjødslet vi med de samme gjødseltypene, men da med 2/3 mengder av vårgjødslingen. Vårgjødslingen var:

1. B+H+M: 3 kg N/daa. 2570 gram pr 4 kvadratmeter (1 sekk Kullhøne/200m2)
2. B+H+M: 6 kg N/Daa. 5140 gram pr 4 kvadratmeter (1 sekk Kullhøne/100m2)
3. B+H+M: 12 kg N/daa. 10280 gram pr 4 kvadratmeter (1 sekk Kullhøne/ 50m2)
4. Kullhøne: 6 kg N/daa. 1 sekk Kullhøne/100m2
5. Kullhøne: 12 kg N/daa. 1 sekk Kullhøne/50m2
6. Kullhøne: 16 kg N/Daa. 1 sekk Kullhøne/37.5m2
7. Hønemøkk: 6 kg N/daa. Samme kg N som 1 sekk Kullhøne/100 m2
8. Hønemøkk: 12 kg N/daa. Samme kg N som 1 sekk Kullhøne/50 m2
9. Hønemøkk: 16 kg N/daa. Samme kg N som 1 sekk Kullhøne/37,5 m2
10. Kunstgjødsel 18-3-15: 6 kg N/daa. N pr dekar som ledd 2, 4, 7
11. Kunstgjødsel 18-3-15: 12 kg N/daa. N pr dekar som ledd 3, 5, 8
12. Kunstgjødsel 18-3-15: 16 kg N/daa. N pr dekar som ledd 6, 9

I feltplanen (Figur 1) er hver rute gitt et nummer sammensatt av blokk-nummer (rep) + ledd nummer, fra 101-112 for blokk 1, 201-212 for blokk 2 og 301-312 for blokk 3.

	2m											
rep 1 2m	102	103	106	112	104	107	111	101	109	108	110	105
rep 2 2m	204	202	212	207	211	209	203	206	205	201	208	210
rep 3 2m	311	305	307	304	303	312	306	308	310	309	302	301

Figur 1. Feltkart i eng med de enkelte forsøksruter og de tre blokker (gjentak). Rutestørrelse 2 x 2 m.

Det er 100 gram biokull pr kg Kullhøne. 1 sekk Kullhøne veier 8,5 kg. Det betyr at det er 850 gram biokull i en sekk Kullhøne. Dermed er det snakk om små mengder biokull pr dekar. Ledd 6 har 1 sekk kullhøne pr 37,5 m2 og det blir 22,7 kg biokull pr dekar. Ledd 3 og 5 har 1 sekk Kullhøne pr 50 m2 er 17 kg biokull pr dekar. Ledd 2 og 4 har 8,5 kg biokull pr dekar. Ledd 1 har 4,25 kg biokull pr dekar.

Dette er svært lave mengder i forhold til det som er gitt i andre forsøk hvor det i mange tilfeller er fra 0,5 til mange tonn pr dekar. I kapittel 1 Andre forsøk med biokull i i forhold til avling, har vi nevnt tre forsøk og de mengdene biokull som ble brukt i disse. O'Toole og Spindler (2012) brukte 800 og 2500 kg biokull pr dekar, Major et al (2010) brukte 800 og 2000 kg biokull pr dekar, og Liang, F. (2014) brukte 3000, 6000 og 9000 kg biokull pr dekar.

I disse tre forsøkene ble biokullet blandet inn i jorden og så ble det gjødslet etter det. I våre forsøk ble alt biokull blandet direkte sammen med gjødselen.

Feltet ble anlagt med 4 kvadratmeters gjødselruter. Høsterutene var da midt i disse og var på 1 kvadratmeter. Feltet hadde 3 gjentak.

Alle gjødseltypene ble drysset oppå enga rute for rute før grasveksten hadde startet.

Høstingen ble gjort med klipping av avling innenfor høsterutene på 1 kvadratmeter. Hele ruteavlingen ble lagt i tørkeposer og tørket ned til bortimot 100 % tørrstoff. Illustrasjoner av forsøksopplegget er gjengitt i Figur 2 og 3.



Figur 2. Forskningstekniker Håkon Høye veier opp gjødsel som skal spres på engforsøket (t.v.) og Thomas Cottis sprer Kullhøne (blanding av biokull og hønemøkk) på en av rutene i engforsøket (t.h.).



Figur 3. Engfeltet slik det så ut 4. juni. De svarte og blå strekene er lagt inn i bildet digitalt. De svarte strekene viser ytterkantene på feltet. De vertikale blå viser grensene mellom blokk/gjentak. Sammen med de blå horisontale strekene vises de nederste 6 anleggsrutene i feltet. Arealet foran, bak og til venstre for feltet var ikke gjødslet av hensyn til forsøksfeltet. Arealet til høyre for engfeltet er et annet forsøksfelt som var gjødslet. Av bildet ser vi at det er de rutene med ledd 11 og 12 som var gjødslet med henholdsvis 12 og 16 kg N/dekar i 18-3-15 som utmerker seg med særlig kraftigst vekst.

2.2 Forsøkopplegget i bygg

Feltet i bygg ble anlagt i en åker som allerede var sådd, men der kornet ikke hadde spiret opp enda. Arealet var da ikke gjødslet, og feltet ble heller ikke gjødslet med noe annet enn det som inngikk i forsøket.

Jorda i forsøksfeltet er sandig silt med lavt moldinnhold (3-4,4 % mold), med høy pH (7,4), moderat høyt innhold av fosfor (Pal=8) og lavt innhold av kalium (Kal=5)

Da arealet allerede var sådd måtte vi bruke en organisk gjødsel som egner seg til spredning i sådd byggåker før oppspiring. Valget falt på kildesortert humanurin fra et lokalt anlegg i Løten. Denne var lett tilgjengelig og vi har erfaring fra tidligere forsøk med gjødsla. Det ble ikke tatt nitrogenanalyse av urinen, men på bakgrunn av tidligere forsøk og analyser med urin fra samme anlegget la vi til grunn et N-innhold på 1 prosent lik 10 kg N pr tonn urin (analyseresultat fra tidligere bruk tilsier 8-12 kg N/tonn).

Vi ble enige om å teste fire forskjellige nitrogenmengder i kunstgjødsel 18-3-15, i humanurin tilsatt vann, og i humanurin tilsatt vann og biokull. Ove Lerdahl ønsket at vi brukte 5 kg biokull pr tonn urin, det vil si 0,5 prosent.

Blandingsforhold urin + knust biokull = 1000 liter urin + 5 kg biokull (0,5 %). Etter blanding av dette tilsettes 4 deler vann. Vi brukte 50 liter urin + 250 gram knust biokull. Rørte ut med drill med betongpropell før vi tilsatte 200 liter vann.

Mengde biokull blir da:

Ledd 1: Urin+ biokull + vann: 8 liter blanding pr 4 kvadratmeter = 2 kg biokull pr dekar
Ledd 2: Urin+ biokull + vann: 14 liter blanding pr 4 kvadratmeter = 3,5 kg biokull pr dekar
Ledd 3: Urin+ biokull + vann: 20 liter blanding pr 4 kvadratmeter = 5 kg biokull pr dekar
Ledd 4: Urin+ biokull + vann: 26 liter blanding pr 4 kvadratmeter = 6,5 kg biokull pr dekar

Disse mengdene biokull er også meget lave i forhold til de tre forsøkene som er nevnt i kapittel 1, men også her er det viktig å merke seg at i vårt forsøk er biokullet tilsatt direkte i gjødselen.

Blandingen av urin og vann ble gjort med bare å tilsette 200 liter vann til 50 liter urin og røre med rørepropell på drill.

Forsøksdesignet var også her et randomisert blokkdesign med tre gjentak av hver behandling (ledd).

Forsøksleddene:

1. Urin+ biokull + vann: 8 liter pr 4 kvadratmeter = 4 kg Nmin/daa
2. Urin+ biokull + vann: 14 liter pr 4 kvadratmeter = 7 kg Nmin/daa
3. Urin+ biokull + vann: 20 liter pr 4 kvadratmeter = 10 kg Nmin/daa
4. Urin+ biokull + vann: 26 liter pr 4 kvadratmeter = 13 kg Nmin/daa
5. Urin + vann: 8 liter pr 4 kvadratmeter = 4 kg Nmin/daa
6. Urin + vann: 14 liter pr 4 kvadratmeter = 7 kg Nmin/daa
7. Urin + vann: 20 liter pr 4 kvadratmeter = 10 kg Nmin/daa
8. Urin + vann: 26 liter pr 4 kvadratmeter = 13 kg Nmin/daa
9. Kunstgjødsel 18-3-15: 89 gram pr 4 kvadratmeter = 4 kg Nmin/daa
10. Kunstgjødsel 18-3-15: 156 gram pr 4 kvadratmeter = 7 kg Nmin/daa
11. Kunstgjødsel 18-3-15: 222 gram pr 4 kvadratmeter = 10 kg Nmin/daa
12. Kunstgjødsel 18-3-15: 289 gram pr 4 kvadratmeter = 13 kg Nmin/daa

Feltet ble anlagt med 2*2 meters gjødselruter. Høsterutene er 1*1 m midt i gjødselrutene. Feltet hadde tre gjentak (Figur 4). Illustrasjoner av forsøksarbeidet er gjengitt i Figur 5 og 6.

Avlingsmåling ble gjort i 26. august i fullmoden åker. Hele plantene var tørre. Vi klippet kornplantene i høsterutene på 5 cm stubbhøyde. Både halm og korn ble veid samlet.

2 m

rep 1	2m	104	102	112	107	111	109	103	106	105	101	108	110
rep 2	2m	202	203	206	212	204	207	211	201	209	208	210	205
rep 3	2m	311	305	307	304	303	312	306	308	310	309	302	301

24 m

Figur 4. Feltkart i eng med de enkelte forsøksruter og de tre blokker (gjentak).



Figur 5. Kornfeltet målt opp i allerede sådd byggåker. Gjødsling er utført i gjødselrutene.

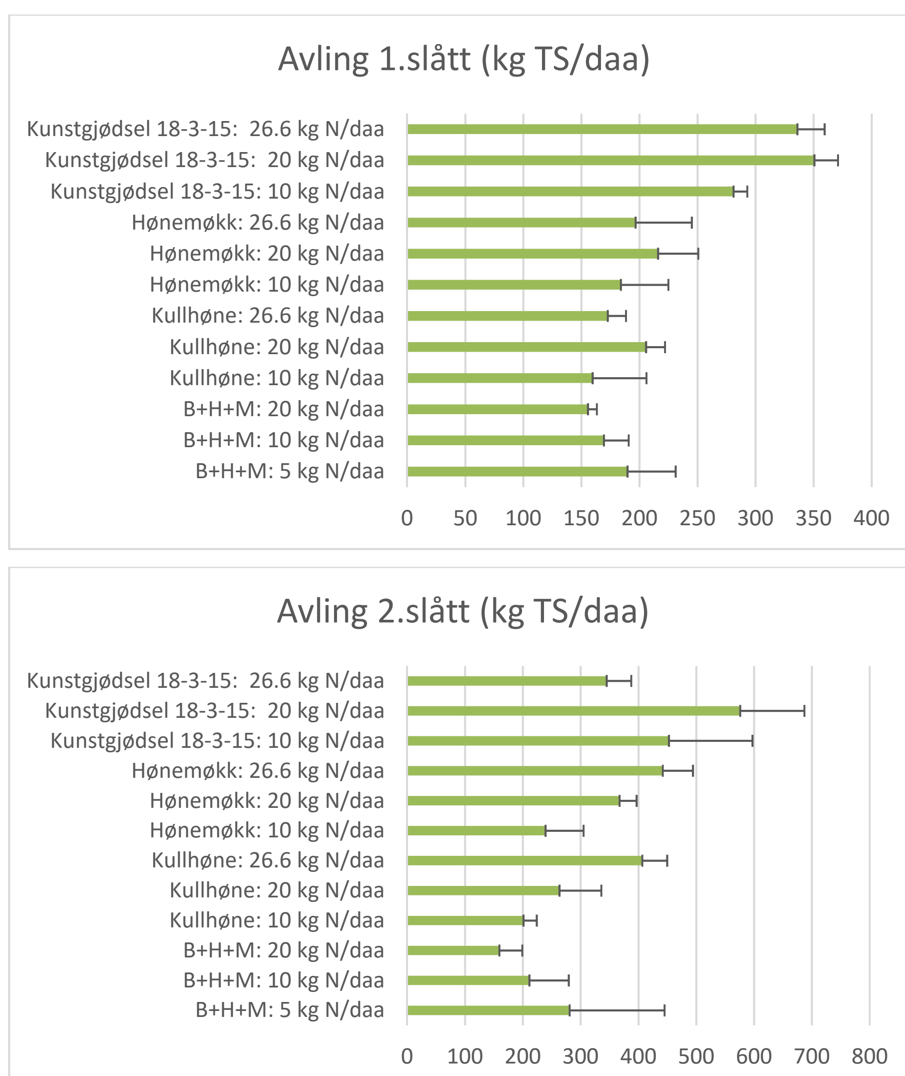


Figur 6. Bildet viser byggfeltet 4. juni. Kornet er godt oppe og det kan sees forskjeller i feltet som er mellom de fire røde pinnene. Rute nr 102, 202 og 211 er nærmest kamera.

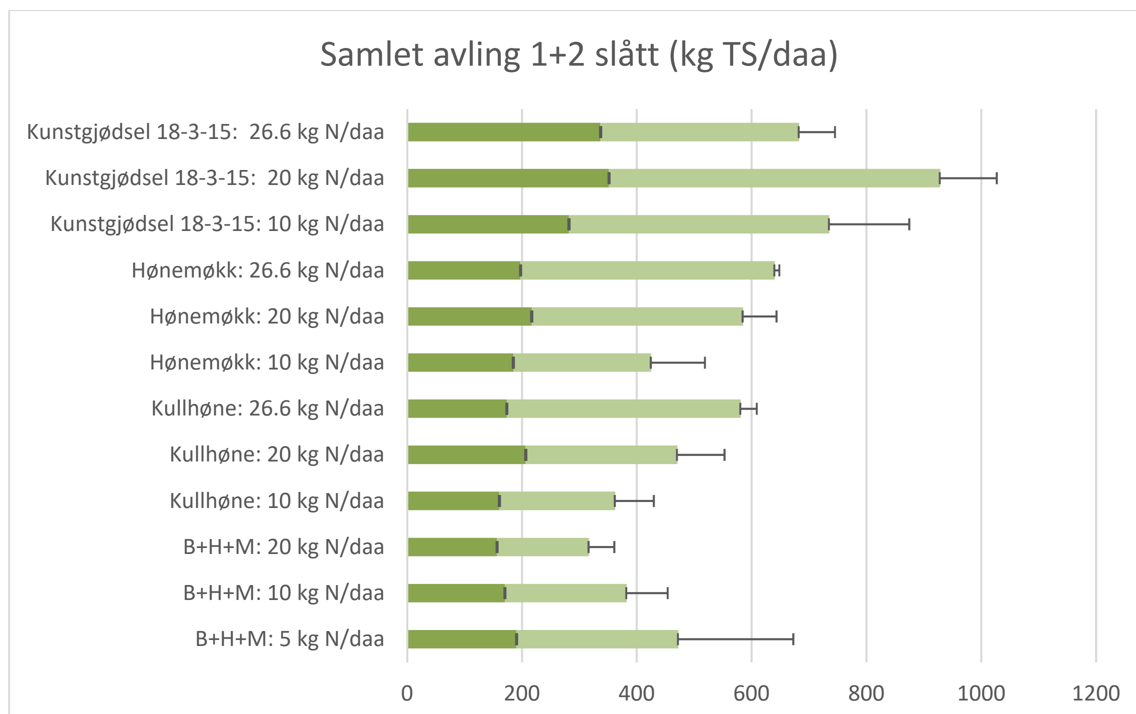
3. Resultater

3.1 Resultater engforsøket

Vi minner om at forsøket var av enkleste mulige type for å kunne gjennomføres med et meget lavt budsjett. Resultatene som presenteres kan derfor ikke oppfattes som annet enn tendenser. Det ble likevel gjennomført statistiske analyser på materialet. Det ble funnet klart signifikante forskjeller i avling mellom de ulike leddene. Dette gjaldt både for første slått, andre slått og samlet sett (Figur 7 og 8).



Figur 7. Avling (gjennomsnitt med standardavvik) av første slått (øverste figur) og andre slått (neserte figur) ved de ulike behandlinger. B+H+N = biokull, hønemøkk og mineralmateriale, Kullhøne = blanding av hønemøkk og biokull som selges av Norsk Naturgjødsel under navnet Kullhøne. For sammenligning er det lagt inn tre nivåer av hver av disse, og også med ren hønemøkk og kunstgjødsel 18-3-15. Totalt beregnet tilført N i form av N-min gjennom sesongen er angitt for hvert ledd.



Figur 8. Avling (gjennomsnitt med standardavvik) av summen av første slått og andre slått ved de ulike behandlinger. For beskrivelse av de ulike ledd se over.

Hvis vi konsenterer oss om samlet avling og ser ovenfra i diagrammet (Figur 8), så har stigende mengder N i kunstgjødsel 18-3-15 fra 10 til 20 kg N pr dekar for 2 gjødslinger gitt noe økende gjennomsnittsavling uten at forskjellen var signifikant. Leddene som fikk 26,6 kg N i kunstgjødsel har imidlertid fått klart lavere avling enn 20 kg N pr dekar (P=0.02). Dette kan tyde på at det engbestandet vi hadde i feltet ikke tålte mer enn 20 kg N pr dekar. I førsteslåtten fikk vi samme negative effekt av høyeste mengde N i Hønemøkk og i Kullhøne som i høyeste mengde N i kunstgjødsel. I andre slåtten var det ingen slike negative effekter for høyeste mengde N i Hønemøkk og i Kullhøne.

Total avling av ren hønemøkk viser en normal og forventet økning på 425 kg pr dekar til 641 kg pr dekar for henholdsvis 10 og 26,6 kg N pr dekar og forskjellen er signifikant (P=0,02). Også Kullhøne ga økende avling av ved økende mengder gjødsel fra 10 og 26,6 kg N pr dekar (P=0.01). Avlingene for Kullhøne ligger jevnt over lavere enn avlingene for samme mengde N pr dekar gitt i ren hønemøkk (uten biokull), som igjen er klart lavere enn samme mengde N i Kunstgjødsel.

For blandingen Biokull+Hønemøkk+Mineralmateriale er det en spesiell effekt av stigende mengde gjødsel. Her er det høyeste avling på 472 kg tørrstoff pr dekar av 5 kg N pr dekar, og laveste avlingen på 317 kg tørrstoff pr dekar av 20 kg N pr dekar. Altså lavest avling med mest N, men her er det også høyest mengde mineralmateriale (sand)

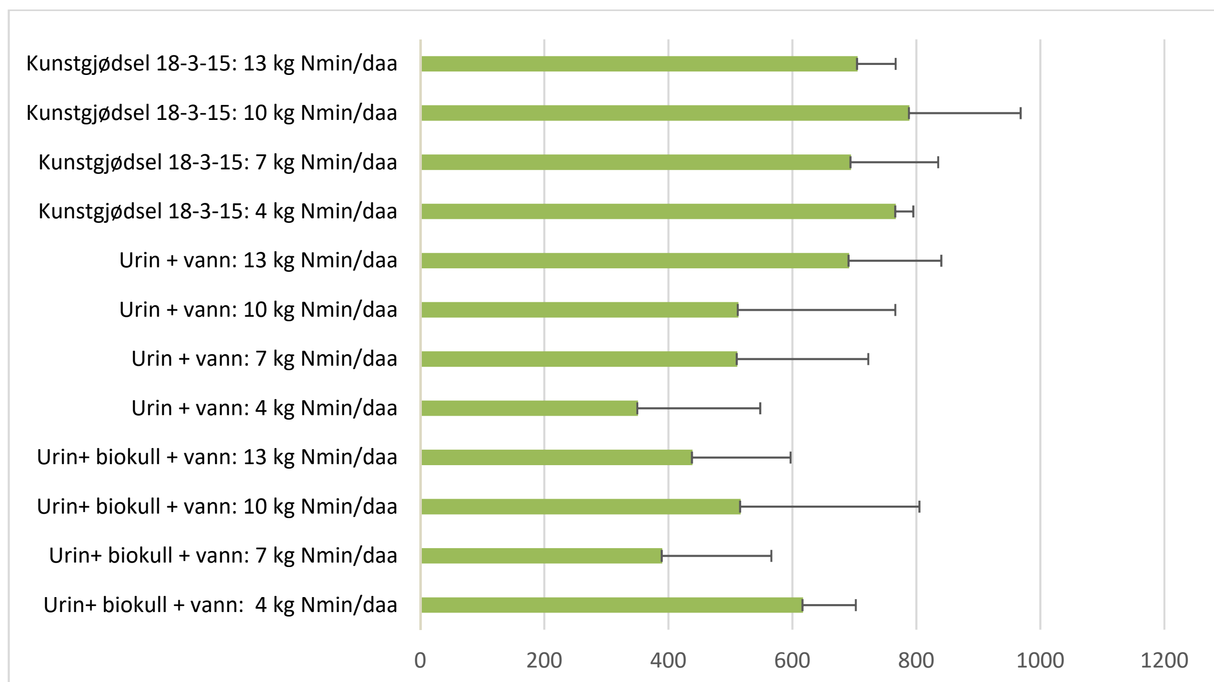
3.2 Resultater byggfeltet

Den statisiske analysen viste tendens til signifikante forskjeller i avling mellom de ulike behandlingene (P=0.08). Det er ingen tvil om at forsøksfeltet var ujamnt. Dette vises også ved at standardavviket var stort for mange av behandlingene (Figur 9). Det at vi høstet og veide samlet korn og halm pr høsterute bidrar også til kvalitetssenking på resultatene. Tydeligst er dette når vi ser på avling av stigende mengder N i kunstgjødsel. 7 kg N ga en gjennomsnittlig avling på 695 kg pr dekar og det er lavere avling enn 767 kg pr dekar av 4 kg N pr dekar i kunstgjødsel. 10 kg N i kunstgjødsel ga høyere avling enn både 4 og 7 kg N i kunstgjødsel, men 13 kg N i kunstgjødsel ga lavere gjennomsnittsavling enn 10 kg N, men på grunn av ujevnhetene er forskjellene ikke-signifikante.

Blandingen av urin + vann viste tendenser til lavere avlinger enn tilsvarende mengde N i kunstgjødsel. Dette tyder på at det må ha vært mindre N i urinen enn det vi antok ut ifra tidligere analyser av urin fra dette anlegget. Men forsøket viser tendens til stigende avlinger med stigende mengder urin+vann.

Når vi så har blandet biokull inn i urin+vann blir bildet stikk motsatt. Da er tendensen synkende avlinger når mengdene av blandingen som er tilført øker. Ledd 1 hadde 400 liter urin og 2 kg biokull pr dekar. Ledd 2 hadde 700 liter urin og 3,5 kg biokull pr dekar. Ledd 3 hadde 1000 liter urin og 5 kg biokull pr dekar. Ledd 4 hadde 1300 liter urin og 6,5 kg biokull pr dekar.

Stigende mengder urin gir stigende mengder nitrogen fra om lag 4 kg N i ledd 1 til om lag 13 kg N i ledd 4. Dette burde gitt stigende avling, men resultatet ble motsatt. Med forbehold om forsøkets størrelse og kvalitet kan det se ut som at det er en tendens til at avlingene blir lavere fra ledd 1 til ledd 4. En mulig forklaring på dette kan være at den også stigende mengde biokull pr dekar fra ledd 1 til ledd 4 kan binde nitrogenet i gjødselen.



Figur 9. Samlet avling av bygg + halm (gjennomsnitt med standardavvik) ved de ulike behandlinger. Urin + biokull + vann ble sammenlignet med samme blanding uten biokull og med kunstgjødsel 18-3-15. Totalt beregnet tilført N i form av N-min gjennom sesongen er angitt for hvert ledd.

4. Diskusjon

4.1 Veiledende forsøk

Det er viktig å ha med seg at dette var veiledende forsøk som vi gjennomførte sammen med oppdragsgiver Standard Bio for å få erfaring med biokull og hvordan tilførsel av dette kan påvirke avlingsresultatet på kort sikt. Videre må vi påpeke at det i disse forsøkene ble biokullet gitt i svært små mengder pr dekar i forhold til hva som ofte er gjort i andre forsøk med biokull. Og vi blandet biokullet direkte inn i gjødselen. I de fleste andre forsøk vi har referert til har forskerne blandet biokullet inn i jorden ved pløying eller harving, altså før gjødslingen.

Men tendensene som forsøkene viser er allikevel nyttige for vårt videre arbeide.

4.2 Innblanding av biokull i organisk gjødsel synes å kreve mer nitrogen

Gitt til eng synes stigende tilførselmengde av blandingen Biokull + Hønemøkk + Mineralmateriale (B+H+M) å ha en viss negativ effekt på avling. Om dette skyldes tilførselen av mineralmateriale (sand) eller biokullet vites ikke, men at tilførsel av såpass små mengder sand i seg skulle hemme grasveksten er lite sannsynlig. Videre viste blandingen av hønemøkk og biokull (Kullhøne) å gi jevnt over lavere avlinger enn for samme mengde N pr dekar gitt i ren hønemøkk (uten biokull). Begge disse resultatene tyder på at biokull binder nitrogen og fører til noe redusert korttidseffekt av gjødlingen. Samme tendens ble funnet i byggfeltet. Her ga de største mengder av blandingen av biokull, vann og urin noe lavere gjennomsnittsavling enn de lavere mengdene. Bare urin + vann ga tendens til økende avling ved å øke mengde av blandingen fra 4 til 13 kg N, men avlingene her var lavere enn tilsvarende mengder N i kunstgjødsel. Dette siste tyder på at det var mindre N i urinen enn de 10 prosentene som vi hadde antatt. Det må poengteres at dette feltet var svært ujevn og at ingen av forskjellene var signifikante, men de viser samme trend som engfeltet hva gjelder biokull og binding av nitrogen.

I det hele ser vi et mønster i våre orienterende forsøk at biokull biokullet blande inn i organisk gjødsel gir lavere avling i første året enn det man kan forvente av mengden nitrogen i gjødselen. Dette står dog litt i kontrast til både forsøkene til O`Toole og Spindler (2012), samt forsøkene Liang et al. (2014), som viste at biokull ikke gir avlingsøkning, men heller ingen avlingsnedgang i korn. Selv store mengder hadde ingen negativ effekt på avlingen i året for tilførsel. Men i disse andre forsøkene er biokull tilført og blandet inn i jorda før såing og gjødsling. Altså kan det hende at det å blande biokull rett i organisk gjødsel kan gi en binding av nitrogen det første året.

4.3 Korttids effekt versus langtids effekt

Våre forsøk har ligget kun et år. Vi har derfor ingen data for effektene årene deretter. I enkelte forsøk har man derimot sett avlingsøkning i år to og tre etter tilførsel av biokull. For eksempel gjelder dette

forsøkene til Major et al. (2010) der biokull ga en betydelig avlingsøkning i år to, tre og fire etter tilførsel av biokull. De sier selv at denne positive avlingseffekten skyldtes økt tilgang på Ca og Mg for plantene

5. Konklusjon og veien videre

Forsøkene våre i 2020 var orienterende forsøk tilpasset et lavt budsjett. Feltene var derfor ikke av en slik størrelse og kvalitet til at det kan trekkes klare konklusjoner, men følgende antakelser og problemstillinger for videre arbeid mener vi det er grunnlag for:

- Biokull blandet i gjødsel kan ha en hemmende effekt på avling i det første året.
- Blanding av biokull, hønemøkk og sand gir ikke avlingsøkning i eng i det første engåret.
- Den store interessen for biokull som karbonbinder i jord bør følges opp med flerårige forsøk for hvordan biokull kan tilføres til jord og organisk gjødsel for at avling ikke skal bli negativt påvirket særlig i år 1.

Litteraturliste

Agegnehu, G., Srivastava, A., & Bird, M. I. (2017). The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: a review. Applied Soil Ecology 119: 156-170.

Biederman, L. A., and Harpole, W. S. (2013). Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. GCB Bioenergy 5, 202–214. doi: 10.1111/gcbb.12037

Bonanomi G, Ippolito F, Cesarano G, Nanni B, Lombardi N, Rita A, Saracino A and Scala F (2017) Biochar As Plant Growth Promoter:Better Off Alone or Mixed with Organic Amendments? Front. Plant Sci. 8:1570. doi: 10.3389/fpls.2017.01570

Bonanomi, G., Ippolito, F., and Scala, F. (2015). A "black" future for plant pathology? Biochar as a new soil amendment for controlling plant diseases. J. Plant Pathol. 97, 223–234.

Calderón, F. J., Benjamin, J., and Vigil, M. F. (2015). A comparison of corn (Zea mays L.) residue and its biochar on soil C and plant growth. PLOS ONE 10:e0121006. doi: 10.1371/journal.pone.0121006

Jeffery, S., Verheijen, F. G. A., van der Velde, M., and Bastos, A. C. (2011). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agric. Ecosyst. Environ. 144, 175–187. doi: 10.1016/j.agee.2011.08.015

Knox, O. G. G., Oghoro, C. O., Burnett, F. J., and Fountaine, J. M. (2015). Biochar increases soil pH, but is as ineffective as liming at controlling clubroot. J. Plant Pathol. 97, 149–152.

Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). Biochar for environmental management. Science, technology and implementation: Routledge.

Liang, F., Li, G., Lin Q., Zhao X., (2014) Crop yield and soil properties in the first 3 years after biochar application to a calcareous soil. *Journal of Integrative Agriculture* 13 (3): 525-532.

Major, J., et al. (2010): Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil* 333 (1-2): 117-128.

Nair VD, Nair PKR, Dari B, Freitas AM, Chatterjee N and Pinheiro FM (2017) Biochar in the Agroecosystem–Climate-Change–Sustainability Nexus. Front. Plant Sci. 8:2051. doi: 10.3389/fpls.2017.02051

Novak, J. M., Busscher, W. J., Watts, D. W., Amonette, J. E., Ippolito, J. A., Lima, I. M., et al. (2012). Biochars impact on soil-moisture storage in an ultisol and two aridisols. Soil Sci. 177, 310–320. doi: 10.1097/SS.0b013e31824e5593

Oleszczuk, P., Rycaj, M., Lehmann, J., and Cornelissen, G. (2012). Influence of activated carbon and biochar on phytotoxicity of air-dried sewage sludges to Lepidium sativum. Ecotoxicol. Environ. Saf. 80, 321–326. doi: 10.1016/j.ecoenv.2012.03.015

O'Toole, A,. Spindler, K. (2012) Biokull til jordforbedring og karbonlagring. Vurdering og formidling av resultater fra felt– og labforsøk i Norge i 2011. Bioforsk Rapport Vol 7, No 20, 2012.

Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K. Y., Downie, A., Rust, J., et al. (2010). Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. Plant Soil 327, 235–246. doi: 10.1007/s11104-009-0050-x

Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T. W., and Rillig, M. C. (2007). Mycorrhizal responses to biochar in soil and concepts and mechanisms. Plant Soil 300, 9–20. doi: 10.1007/s11104-007-9391-5

Wisnubroto, E. I., Hedley, M., Hina, K., and Camps-Arbestain, M. (2010). The Use of Biochar from Biosolids on Waitarere Sandy Soils: Effect on the Growth of Rye Grass. Palmerston: Massey University.

Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., & Joseph, S. (2010). Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nature Communications 1:56.

Høgskolen i Innlandet

Etter initiativ fra daglig leder Ove Lerdahl i selskapet Standard Bio utførte Høgskolen i Innlandet – Institutt for jordbruksfag, to orienterende forsøk sommeren 2020. Feltplanene for lavkost orienterende forsøk ble laget i samarbeid med selskapet, og de skaffet tilveie det meste av det vi skulle bruke av gjødselstoffer. Det ble et felt i eng og et felt i bygg, begge på Blæstad i Hamar kommune.

Basert på anbefalinger fra Standard Bio brukte vi meget små mengder biokull, og biokullet er blandet direkte inn i organisk gjødsel før spredning på forsøksfeltene. I engfeltet brukte vi fra 4,25 til 22,7 kg biokull pr dekar blandet inn i tørket hønemøkk eller i tørket hønemøkk og sand. I byggfeltet brukte vi fra 2 til 6,5 kg biokull pr dekar innblandet i urin. De forsøkene som andre har gjort for avlingsregistrering av biokull har brukt betydelig større mengder – fra 0,8 til 9 tonn pr dekar og år, og biokullet er da blandet inn i jorda før gjødsling og såing.

På bakgrunn av forsøkene kom vi fram til følgende antakelser og problemstillinger for videre forskning på biokull.

- Biokull blandet i gjødsel kan ha en hemmende effekt på avling i det første året.
- Blanding av biokull, hønemøkk og sand gir ikke avlingsøkning i eng i det første engåret.
- Den store interessen for biokull som karbonbinder i jord bør følges opp med flerårige forsøk for hvordan biokull kan tilføres til jord og organisk gjødsel for at avling ikke skal bli negativt påvirket særlig i år 1.